GENERATOR

Semester 3

STEAM TURBINE

DIESEL

Kelas XI

PENULIS
Juhari, Dipl. Eng, S. Pd

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus dilakukan peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014
Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sesuai dengan dinamika perkembangan pendidikan, khususnya pendidikan kejuruan, disamping perkembangan pendidikan itu sendiri, dinamikanya juga harus selalu menyelaraskan diri dengan perkembangan dunia usaha dan industri (DUDI). Oleh sebab itu, dalam setiap perkembangan DUDI tersebut harus segera direspon dalam pelaksanaan pendidikan kejuruan. Cara meresponnya adalah dengan memperoleh informasi melalui berbagai cara, salah satunya adalah melalui media pembelajaran berupa Bahan Ajar yang selalu harus diperbaharui sesuai dengan perkembangan tersebut.

Bahan Ajar ini secara khusus ditulis bagi siswa SMK, dengan peminatan Teknik Ketenagalistrikan secara umum. Dimana cara penyajian bahan ajar ini disesuaikan dengan pengalaman seorang guru produktif SMK secara umum.

Mempelajari dengan benar topik-topik materi yang terkandung dalam bahan ajar ini, akan membantu siswa SMK untuk menguasai materi tentang **Generator** dalam lingkup peminatan Teknik Pembangkitan Tenaga Listrik.

Untuk mendalami bahan ajar Generator, siswa sebaiknya telah mendalami materi Dasar Teknik Listrik dan materi Kemagnitan. Selanjutnya mata pelajaran Generator sebagai pendukung untuk mempelajari mata pelajaran pada Paket Keahlian Teknik Pembangkitan Tenaga Listrik.

B. Deskripsi Bahan Ajar

Dalam bahan ajar ini akan dibahas tentang pengoperasian dan pemeliharaan generator, yang meliputi bahasan : Kontruksi Generator, Prinsip Kerja Generator, Regulasi Tegangan Generator, Efisiensi Generator, Kerja Paralel Generator dan Pemeliharaan Genertor.

Bahan ajar ini menggunakan sistem pembelajaran dengan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau mengajarkan pengetahuan keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Melalui pendekatan apa yang dapat dilakukan setelah mengikuti pembelajaran, dimana kompetensi adalah penguasaan individu secara aktual di tempat kerja. Meliputi identifikasi apa yang harus dikerjakan, prestasi yang diraih, dan memastikan elemen kompetensi tercakup, serta proses penilaian.

C. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti seluruh kegiatan pembelajaran yang terdapat pada bahan ajar ini siswa diharapkan mampu menjelaskan pengoperasian, mengoperasikan, mendeskripsikan pemasangan, memasang dan memelihara generator dengan ruang lingkup materi :

- Kontruksi Generator
- Prinsip Kerja Generator
- Regulasi Tegangan Generator.
- Efisiensi Generator.
- Kerja Paralel Generator.
- Pemeliharaan Genertor.

D. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok

No	Materi Pokok	Sub Materi Pokok
1	Kontruksi Generator	• **Pendahuluan** • **Kontruksi Mesin Sinkron** • **Belitan Jangkar**
2	Prinsip Kerja Generator	• **Gaya Gerak Listrik Generator Sinkron** • **Generator Sinkron Berbeban** • **Diagram Vektor Generator Sinkron Berbeban** • **Generator Sinkron Tanpa Beban**

3	Regulasi Tegangan Generator	• **Regulasi Tegangan Generator Sinkron** • **Efisiensi Generator Sinkron** • **Karakteristik Pembebanan Generator Tiga Fasa**
4	Kerja Paralel Generator	• **Kerja Paralel Generator** • **Persyarat Kerja Paralel** • **Persyarat Kerja Paralel** • **Memparalel Generator Tiga Fasa**
5	**Analisa Gangguan Kelistrikan Generator.**	• **Pendahuluan** • **Analisa gangguan Kelistrikan Stator** • **Analisa Gangguan Kelistrikan Rotor** • **Analisa Gangguan Tegangan (Voltage Faults)**

BAB II

KONSTRUKSI GENERATOR SINKRON

A. Informasi

Pada unit ini anda akan mengembangkan pengetahuan tentang konstruksi generator. Pengetahuan anda tentang susunan secara fisik, bahan kemagnitan akan membantu anda untuk memahami bagaimana mengoprasikan dan keselamatan kerja yang diperlukan.

B. Tujuan

Setelah mempelajari unit ini, diharapkan anda mampu :

- Menggambar bagian-bagian konstruksi generator sinkron
- Mengidentifikasi bagian-bagian dari generator
- Menyebutkan penggunaan bagian-bagian dari generator.

C. Kemampuan awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus sudah memiliki pengetahuan tentang :

- Dasar kemagnitan
- Prinsip arus bolak-balik
- Pengukuran listrik

D. Persyaratan Lulus

Anda dinyatakan kompeten pada kegiatan belajar ini apabila anda telah menyelesaikan seluruh latihan dan tes akhir dengan benar .

E. Keselamatan kerja

- Hati-hati bila bekerja pada rangkaian listrik
- Periksa bahwa alat tester yang dipakai bekerja baik
- Saat melakukan sambungan pada rangkaian, pastikan bahwa rangkaian tidak bertegangan

- Periksa bahwa tegangan yang dipakai pada lilitan primer sudah sesuai dan benar.

Materi Pembelajaran

A. Pendahuluan.

Sebagaimana pada mesin arus searah dan mesin asinkron (tak serempak) maka mesin sinkron (serempak) dibagi menjadi dua jenis :

1. Generator sinkron (generator serempak/generator arus bolak-balik/alternator yang banyak digunakan pada pembangkit tenaga listrik).
2. Motor Sinkron (motor serempak) dapat digunakan untuk menggerakan mesin-mesin produksi di Industri yang menghendaki putaran tetap.

Kontruksi dari mesin sinkron baik sebagai generator maupun sebagai motor adalah sama, perbedaannya hanya pada prinsip kerjanya.

Sebagaimana pada generator arus searah, belitan (kumparan) jangkar ditempatkan pada rotor sedangkan belitan medan ditempatkan pada stator, demikian pula untuk generator sinkron untuk kapasitas kecil.

Akan tetapi pada generator sinkron yang dipergunakan untuk pembangkitan dengan kapasitas besar, belitan atau kumparan jangkar ditempatkan pada stator sedangkan belitan medan ditempatkan pada rotor dengan alasan :

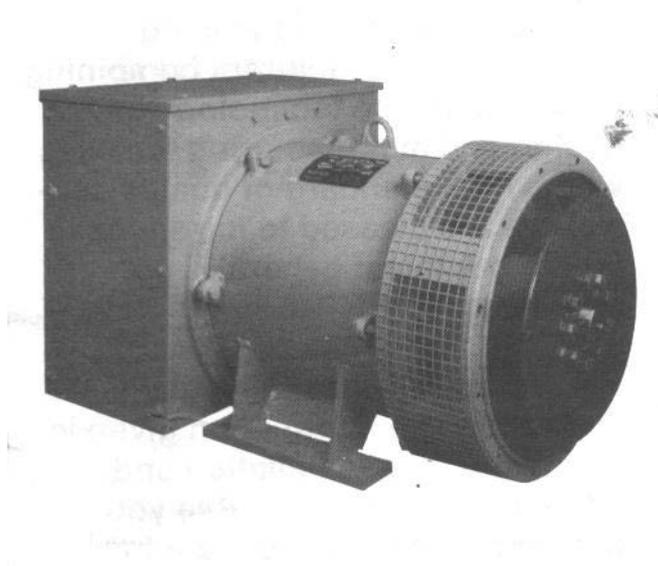
1. Belitan jangkar lebih kompleks dari belitan medan sehingga lebih terjamin jika ditempatkan pada struktur yang diam.
2. Lebih mudah mengisolasi dan melindungi belitan jangkar terhadap tegangan yang tinggi.
3. Pendinginan belitan jangkar mudah karena inti stator yang terbuat cukup besar sehingga dapat didinginkan dengan udara paksa.
4. Belitan medan mempunyai tegangan rendah sehingga efisien bila digunakan pada kecepatan tinggi.

Pada umumnya generator sinkron ukurannya lebih besar dari pada generator arus searah demikian pula kapasitasnya.

B. Kontruksi Mesin Sinkron.

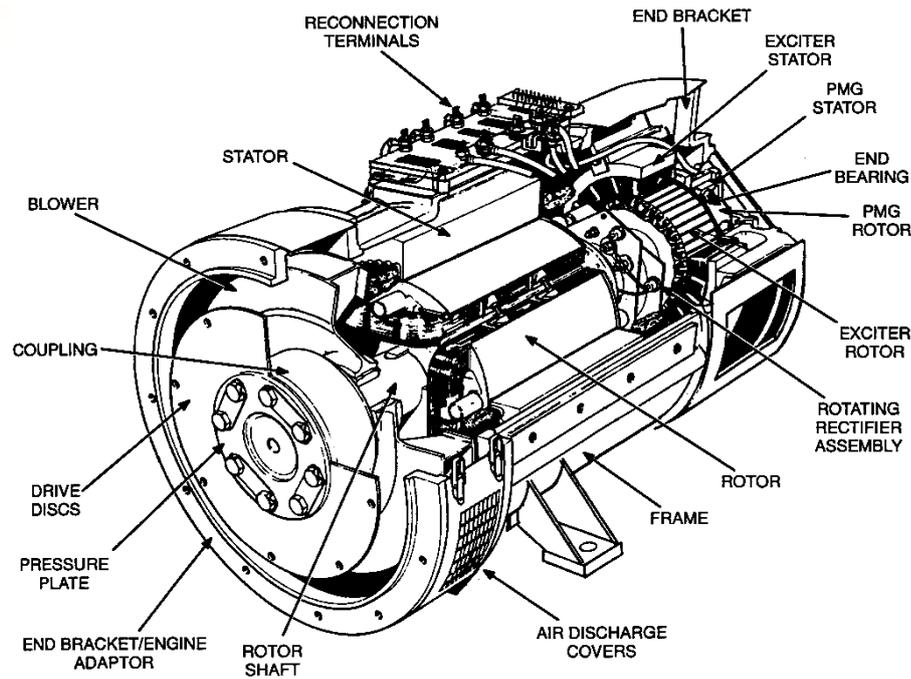
Kontruksi mesin sinkron baik untuk generator maupun untuk motor terdiri dari :

1. Stator adalah bagian yang diam dan berbentuk silinder.
2. Rotor adalah bagian yang berputar juga berbentuk silinder.
3. Celah udara adalah ruangan antara stator dan rotor.

Kontruksi mesin sinkron ini seperti yang diperlihatkan pada gambar 1-1

Gambar 1-1. Kontruksi Mesin Sinkron.

- **Kontruksi Stator.**

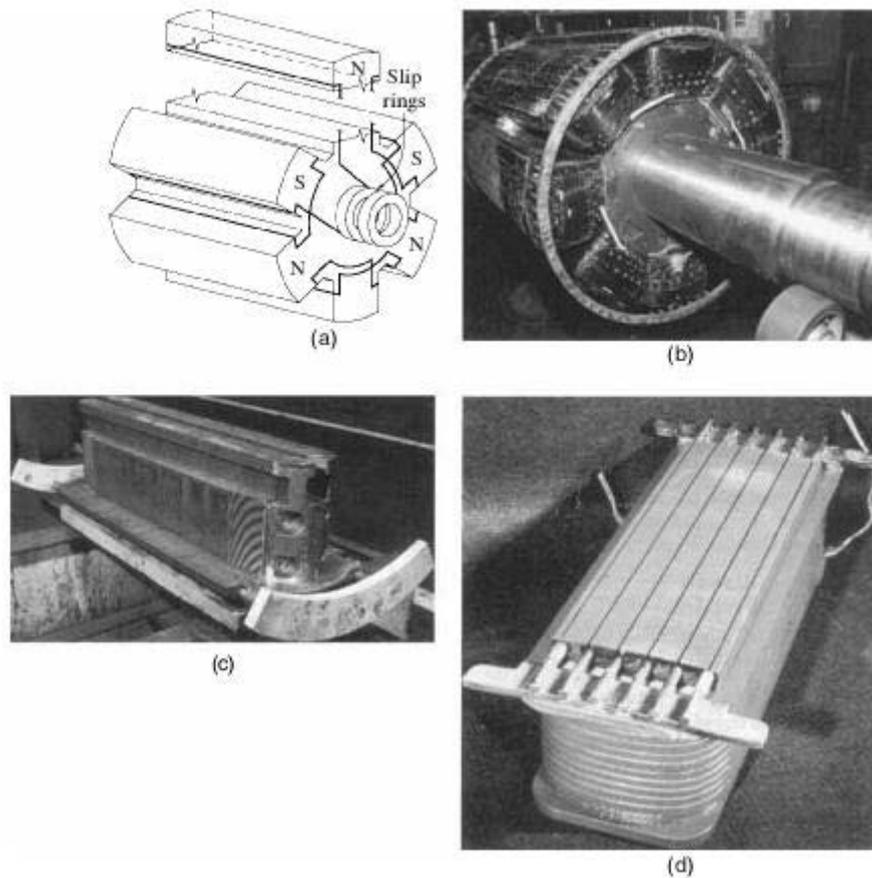
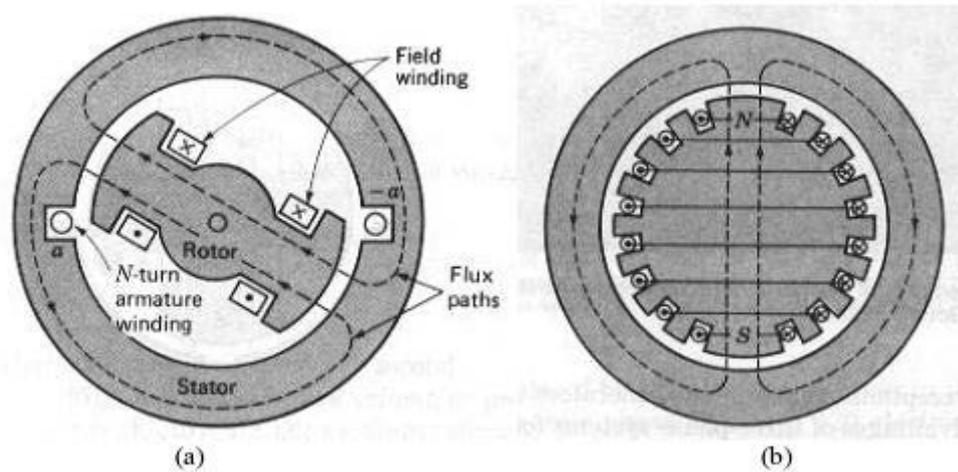
  Kotruksi stator seperti yang diperlihatkan pada gambar 1-1, terdiri dari :

  1. Kerangka terbuat dari besi tuang untuk menyangga inti jangkar.
  2. Inti jangkar terbuat dari besi lunak (baja silikon).
  3. Alur (slot) untuk meletakan belitan (kumparan).
  4. Belitan jangkar terbuat dari tembaga yang diletakan pada alur (slot).

Gambar 1-2. Kerangka dan Inti Stator Mesin Sinkron.

- **Kontruksi Rotor.**

  Kontruksi rotor terdiri dari dua jenis :

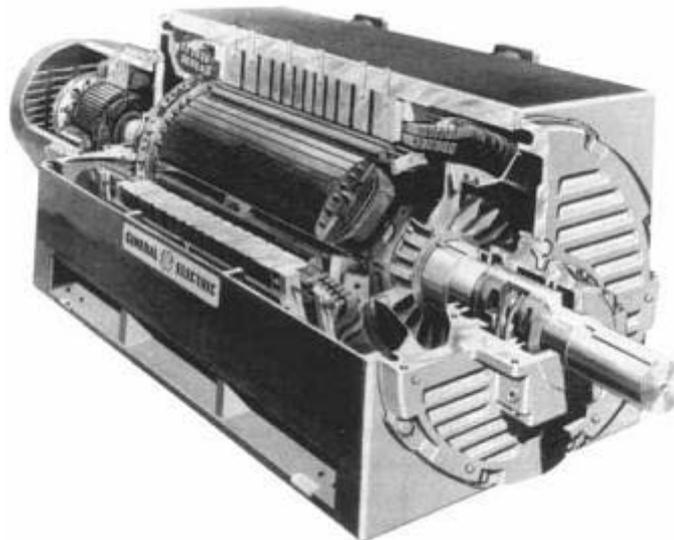
  1. Jenis kutub menonjol (*salient pole*) untuk generator kecepatan rendah dan menengah. Kutub menonjol terdiri dati inti kutub dan sepatu kutub. Belitan medan dililitkan pada badan kutub, pada sepatu kutub juga dipasang belitan peredam (*damper winding*). Belitan kutub terbuat dari tembaga, sedangkan badan kutub dan sepatu kutub terbuat dari besi lunak.
  2. Jenis kutub silinder untuk generator dengan kecepatan tinggi terdiri dari alur-alur sebagai tempat kumparan medan. Alur-alur tersebut terbagi atas pasangan-pasangan kutub.

  Kedua macam kutub tersebut seperti yang diperlihatkan pada gambar 1-3 dan gambar 1-4 berikut :

Gambar 1-3. Rotor jenis kutub menonjol (*salient*).

Gambar 1-4. Rotor jenis kutub silinder (a) dan silent (b).

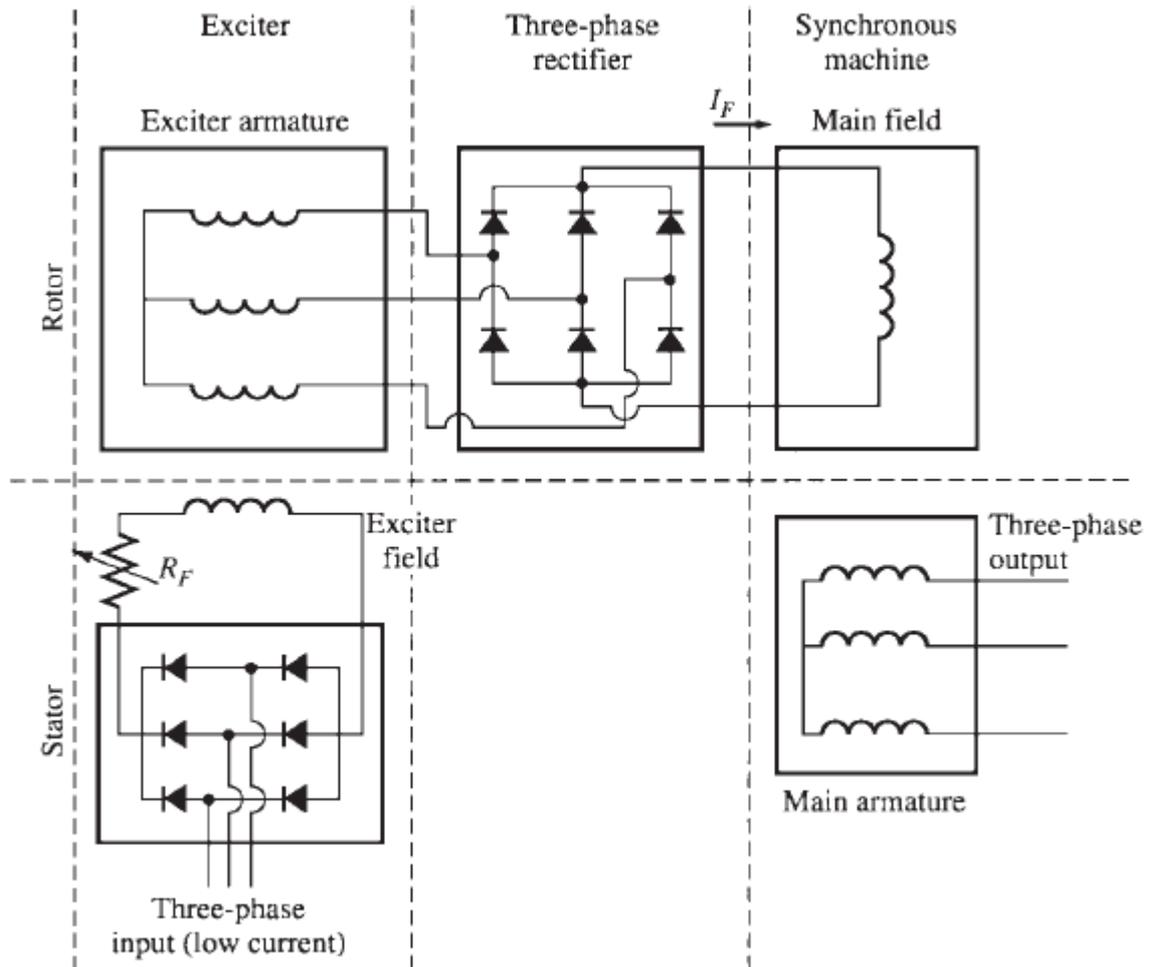
C. Belitan Jangkar.

Beliatan jangkar yang di tempatkan pada stator disebut sebagai belitan stator untuk sistem tiga phasa hubungannya terdiri dari :

1. Belitan satu lapis (*single layer winding*) bentuknya dua macam :
   a. Mata rantai (*consentris/chain winding*).
   b. Gelombang (*wave*).
2. Belitan dua lapis (*double layer winding*) bentuknya dua macam :
   a. Gelombang (Wave).
   b. Gelung (Lap).

Jenis-jenis belitan tersebut seperti yang diperlihatkan pada gambar 1-5 berikut :

Gambar 1-5. Rangkaian belitan jangkar.

Generator besar menggunakan *brushless exciters* untuk mensuplai tegangana DC pada rotor. Terdiri dari generator AC kecil yng mempunyai kumparan medan magnit dipasang pada stator dan kumparan jangkar dipasang pada poros rotor.

Output generator penguat (arus bolak-balik tiga phasa) yang dirubah menjadi tegangan searah dengan penyearah tiga phasa yang juga dipasang pada rotor. Tegangan searah DC dihubungkan ke rangkaian medan magnit utama. Arus medan magnet generator utama dapat dikontrol oleh arus medan magnit generator penguat, yang berada pada stator seperti yang ditunjukan pada gambar 1-6 dan 1-5.

Gambar 1-6.

Evaluasi

1. Sebutkan jenis-jenis mesin sinkron, sebagaimana pada mesin arus searah dan mesin asynkron (tak serempak) ?

2. Jelaskan beberapa alasan bahwa untuk generator yang memiliki kapasitas besar belitan atau kumparan jangkar ditempatkan pada stator sedangkan belitan medan ditempatkan pada rotor ?

3. Kontruksi mesin sinkron baik untuk generator maupun untuk motor terdiri dari :

    a. --
    b. --
    c. --
    d. --

4. Jelaskan jenis-jenis dari kontruksi rotor generator ?

5. Beliatan jangkar yang di tempatkan pada stator disebut sebagai belitan stator untuk sistem tiga phasa hubungannya terdiri dari :

    a. --
    b. --

BAB III

PRINSIP KERJA GENERATOR SINKRON

A. Informasi

Pada unit ini anda akan mengembangkan pengetahuan tentang prinsip kerja generator. Pengetahuan anda tentang prinsip kerja, generator sinkron berbeban, regulasi tegangan akan membantu anda untuk memahami bagaimana mengoperasikan dan keselamatan kerja yang diperlukan.

B. Tujuan

Setelah mempelajari unit ini, diharapkan anda mampu :

- Menjelaskan prinsip kerja generator sinkron.
- Menjelaskan pembebanan generator sinkron.
- Menyebutkan penggunaan generator sinkron.

C. Kemampuan awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus sudah memiliki pengetahuan tentang :

. Dasar kemagnitan
. Prinsip arus bolak-balik
. Pengukuran listrik

D. Persyaratan Lulus

Anda dinyatakan kompeten pada kegiatan belajar ini apabila anda telah menyelesaikan seluruh latihan dan tes akhir dengan benar .

E. Keselamatan kerja

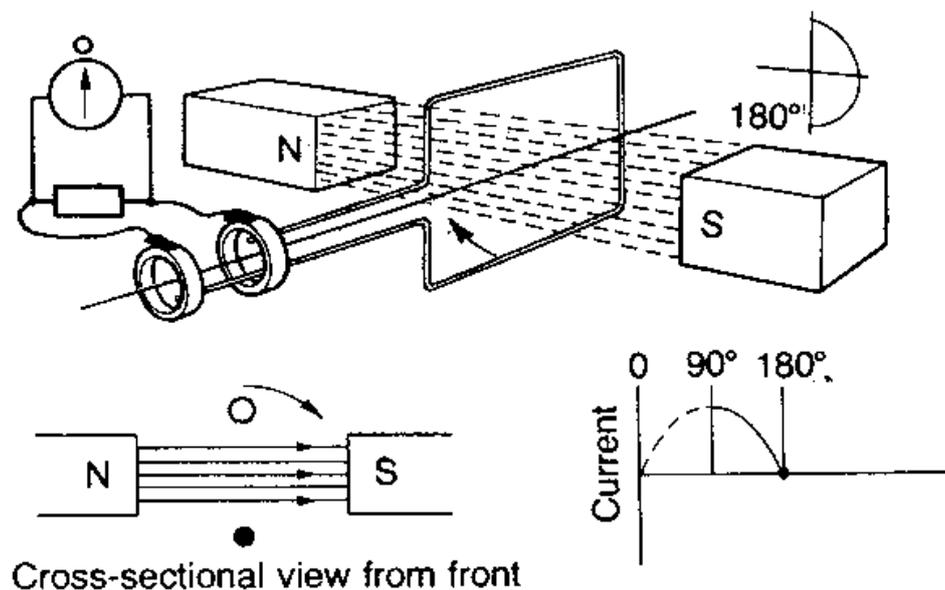
- Hati-hati bila bekerja pada rangkaian listrik
- Periksa bahwa alat tester yang dipakai bekerja baik
- Saat melakukan sambungan pada rangkaian, pastikan bahwa rangkaian tidak bertegangan
- Periksa bahwa tegangan yang dipakai pada lilitan primer sudah sesuai dan benar.

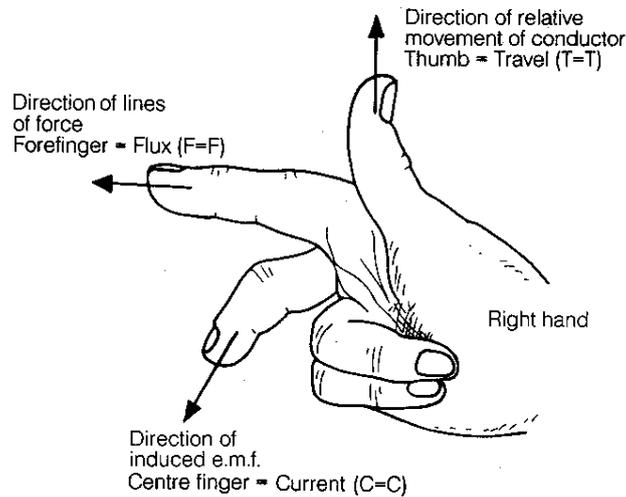
Materi Pembelajaran.

A. Pendahuluan.

Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromegnetik. Setelah rotor diputarkan oleh penggerak mula (*prime over*) dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub disuplai oleh tegangan searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnit (garis-garis gaya magnit) yang berputar kecepatannya sama dengan putaran kutub.

Berdasarkan Hukum Faraday apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya magnit yang diam atau lilitan yang diam dipotong oleh garis-garis gaya magnit yang berputar maka pada penghantar tersebut timbul EMF (*Electro Motive Force*) atau GGL (*Gaya Gerak Listrik*) atau tegangan induksi.

Ggl yang dibangkitkan pada penghantar jangkar adalah tegangan bolak-balik, perhatikan gambar 2-1. Arus yang mengalir pada penghantar jangkar karena beban tersebut akan membangkitkan medan yang berlawanan atau mengurangi medan utama sehingga tegangan terminal turun, hal ini disebut reaksi jangkar.

Gambar 2-1. Ggl yang dibangkitkan.

Dalam menentukan arah arus dan tegangan (Ggl atau EMF) yang timbul pada penghantar pada setiap detik berlaku Hukum tangan kanan Fleming perhatikan gambar 2-2 berikut :

Gambar 2-2. Hukum tangan kanan Flemming.

Dimana :

1. Jempol menyatakan arah gerak F atau perputaran penghantar.
2. Jari telunjuk menyatakan arah medan magnit dari kutub utara ke kutub selatan.
3. Jari tengah menyatakan arah arus dan tegangan.

Ketiga arah tersebut saling tegak lurus seperti yang diperlihatkan pada gambar diatas.

Garis-garis gaya magnit yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar yang ada pada stator sehingga pada kumparan jangkar tersebut timbul ggl (gaya gerak listrik) atau emf (electro motive force) atau tegangan induksi. Frekuensi tegangan induksi tersebut akan mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$f = \frac{p.n}{120} \text{ (Hz)}$$

Dimana : p = banyaknya kutub.

n = kecepatan putar (rpm).

Oleh karenanya frekuensi dari tegangan induksi tersebut di Indonesia sudah tertentu ialah 50 (Hz) dan jumlah kutub selalu genap maka putaran rotor, putaran kutub, putaran pengerak mula sudah tertentu pula.

Besarnya tegangan induksi yang dibangkitkan pada kumparan jangkar yang ada pada stator akan menikuti persamaan sebagai berikut :

$$E = 4.44kf\emptyset T \text{ (Volt/Phasa)}$$

B. Generator Sinkron Berbeban.

Jika generator sinkron belum berbeban maka ggl E yang dibangkitkan pada kumparan jangkar yang ada di stator sama dengan tegangan terminalnya V.

Waktu generator berbeban maka ggl E tersebut tidak sama dengan tegangan V terminalnya, tegangan V pada terminal akan bervariasi karena :

1. Jatuh tegangan (*voltage drop*) karena resistansi jangkar R_a sebesar I R_a.
2. Jatuh tegangan karena reaktansi bocor X_L dari jangkar sebesar I X_L.
3. Jatuh tegangan karena reaksi jangkar sebesar I X_a.

Reaksi jangkar disebabkan oleh arus beban I yang mengalir pada kumparan jangkar, arus tersebut akan menimbulkan medan yang melawan medan utama sehingga seolah-olah jangkar mempunyai reaktansi sebesar X_a.

Reaktansi bocor X_L dan reaktansi karena reaksi jangkar X_a akan menimbulkan reaktansi sinkron sebesar X_S yang mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$X_S = X_L + X_a$$

Teangan pada waktu generator berbeban akan mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$E = V + I(R_a + jX_a)$$

Dimana : E = ggl jangkar.

V = Tegangan terminal.

I = Arus Beban.

R_a = Reaktansi jangkar

$X_S = X_L + X_a$ = Reaktansi Sinkron.

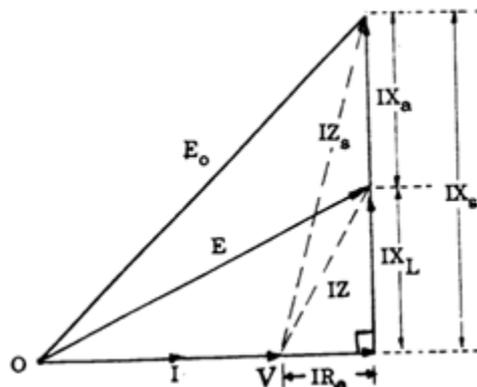
C. Diagram Vektor Generator Sinkron Berbeban.

Diagram vektor ini mempunyai besaran-besaran sebagai berikut :

- E_0 = Ggl (tegangan induksi) pada waktu beban nol dari jangkar.
- E = Ggl waktu jangkar berbeban atau setelah reaksi jangkar E secara vektor kurang dari E_0 karena jatuh tegangan I X_a.
- V = Tegangan terminal, secara vektor kurang dari E_0 karena jatuh tegangan I Z_S.
- I = Arus jangkar perfase.
- Φ = Sudut faktor daya.

Diagram vektor (diagram phasor) dari generator synkron berbeban ada 3 macam :

1. Diagram vektor untuk beban resistif.

   Dalam hal ini vektor tegangan terminal V dan vektor arus sefase atau faktor kerja sama dengan satu perhatikan gambar 2-1.

Gambar 2-1. Diagram vektor beban resistif.

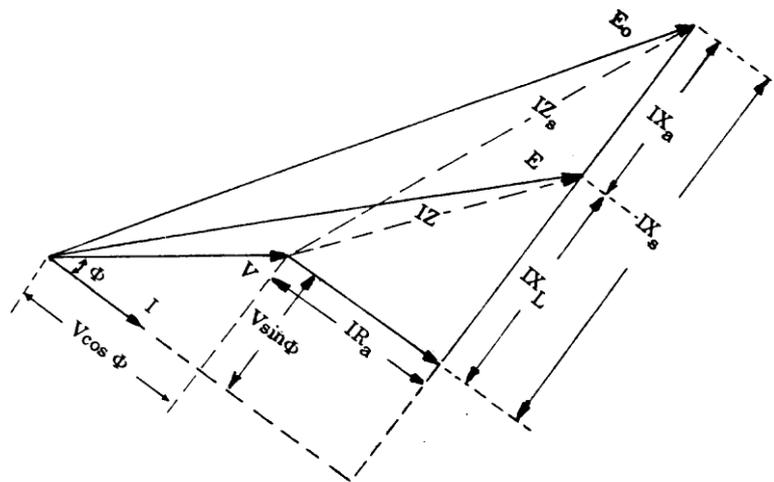
Dari diagram vektor pada gambar 2-1 dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$E_0 = V + I\sqrt{R_a + jX_a}$$

Atau

$$E_0 = \sqrt{(V + IR_a)^2 + (IX_s)^2}$$

2. Diagram vektor untuk beban induktif.

   Bila generator sinkron berbeban dimana bebannya induktif maka vektor arus tertinggal (lagging) terhadap vektor tegangan perhatikan gambar 2-2.

Gambar 2-2. Diagram vektor beban induktif.

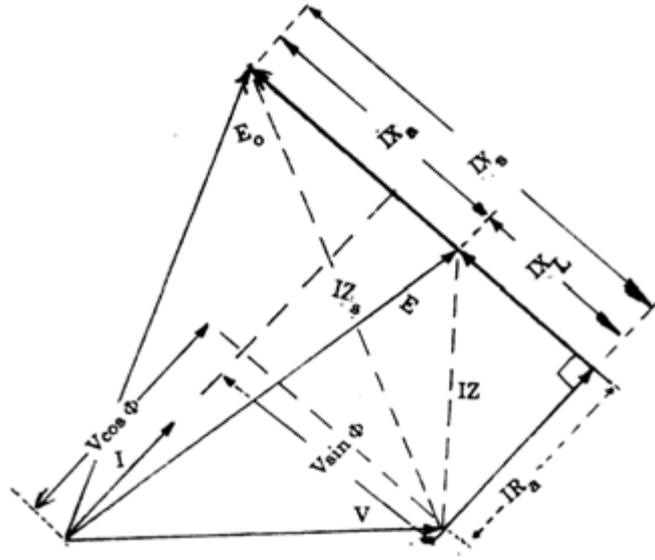
Dari diagram vektor pada gambar 2-2 dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$E_0 = \sqrt{(V\cos\emptyset + R_a)^2 + (V\sin\emptyset + IX_a)^2}$$

3. Diagram vektor untuk beban kapasitif.

   Bila generator sinkron berbeban dimana bebannya kapasitif maka vektor arus mendahului (leading) terhadap vektor tegangan perhatikan gambar 2-3.

   Dari diagram vektor pada gambar 2-3 dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$E_0 = \sqrt{(V\cos\emptyset + IR_a)^2 + (IX_a - V\sin\emptyset)^2}$$

Gambar 2-3. Diagram vektor beban kapasitif.

D. Generator Sinkron Tanpa Beban.

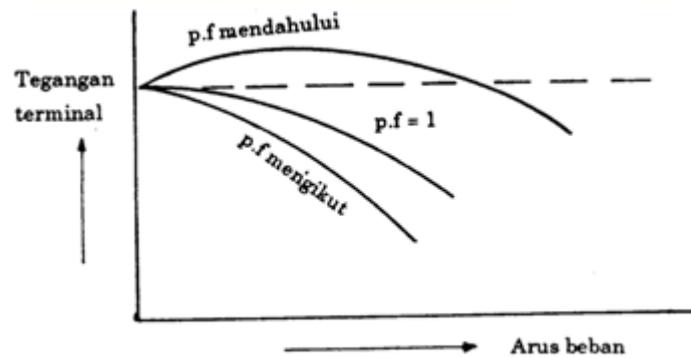
Dengan memutarkan generator pada kecepatan sinkron dan rotor dialiri arus medan I_f maka tegangan E_0 akan terinduksi pada kumparan jangkar stator, dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$E_0 = c.n.\emptyset$$

Dimana : c = konstanta mesin.

n= putaran sinkron.

Φ= fluksi yang dihasilkan oleh I_f .

Dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator, sehingga tidak terdapat reaksi jangkar. Fluksi hanya dihasilkan oleh arus medan I_f. Apabila arus medan I_f diubah-ubah nilainya akan diperoleh nilai E_0 seperti yang diperlihatkan pada kurva gambar 2-4.

Gambar 2-4.

Tugas :

Karakteristik Beban Nol dan Hubung Singkat Generator Tiga Fasa

Tujuan

Setelah melaksanakan tugas praktek ini, diharapkan peserta mampu :

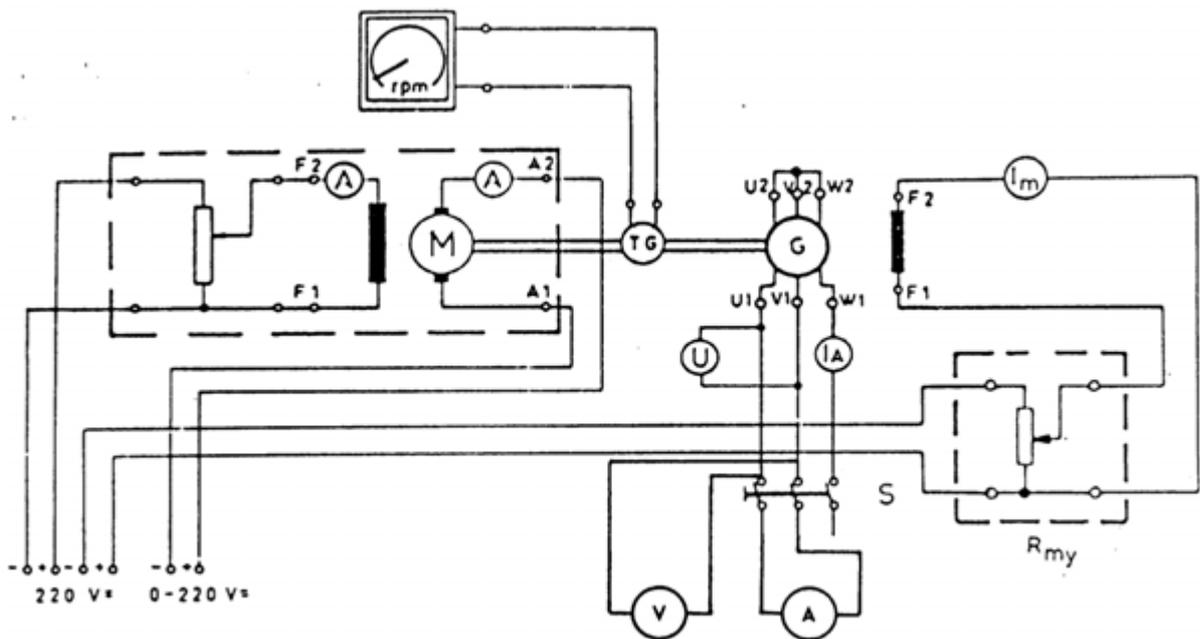
1. Mengoperasikan generator tiga fasa.
2. Menggambarkan karakteristik beban nol generator tiga fasa.
3. Menggambarkan karakteristik hubung singkat generator tiga fasa.

Petunjuk

1. Pada saat merangkai semua peralatan harus dalam keadaan off.
2. Jangan menghubungkan rangkaian pada sumber tegangan tanpa persetujuan instruktur.
3. Periksalah semua peralatan sebelum digunakan, apakah bekerja dalam keadaan baik.
4. Selama percobaan berlangsung putaran harus konstan.
5. Dalam percobaan ini torsi meter berfungsi sebagai penggerak mula.
6. Dalam percobaan hubung singkat, arus hubung singkat maksimum (I_{sc}max) = I nominal generator.
7. Hati-hatilah menggunakan peralatan, konsultasikan pada instruktur bila anda masih ragu menggunakannya.

Alat dan Bahan

1. Mesin sinkron tiga fasa.

2. Torsi meter unit.
3. Shunt reostat.
4. Voltmeter.
5. Amperemeter.
6. Cam Switch 3 pole.
7. Sumber Tegangan.
8. Kabel Penghubung.

Gambar Rangkaian

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Rangkailah peralatan sesuai dengan gambar rangkaian. Saklar S dalam keadaan terbuka dan shunt reostat pada posisi tahanan maksimum.
3. Hubungkan arus eksitasi torsi meter dan atur hingga maksimum. Beri arus jangkar motor dc torsi meter dari sumber tegangan dc variabel (0 -220 V) hingga putaran motor (pengerak mula) tepat sama dengan putaran nominal generator.
4. Saklar S pada posisi OFF. Atur arus eksitasi generator dalam tahap 0,2 A dari 0 hingga maksimum (penguatan nominal). Setiap tahap percobaan catat hasil pengukuran pada tabel.

5. Atur kembali arus eksitasi generator ke posisi 0 dan hubungkan saklar S (percobaan hubung singkat).
6. Atur arus eksitasi generator dalam tahap 0,1 A dari 0 hingga arus hubung singkat I_{sc} = I nominal. Setiap tahap percobaan catat hasil pengukuran pada tabel.
7. Setelah selesai melakukan pengukuran turunkan putaran motor dc, dan arus penguatan generator serta putuskan hubungan dengan sumber tegangan.

8. Hitunglah nilai-nilai parameter yang diminta pada tabel hasil perhitungan. *Bila anda kurang puas dengan hasil yang diperoleh silahkan ulang lagi melakukan pengukuran.*
9. Selesai melakukan percobaan, putuskan hubungan dari sumber tegangan. Rapihkan alat dan bahan serta kembalikan pada tempat semula.

Tabel hasil pengukuran

Pengukuran			Perhitungan	
I_m (mA)	E_0 (volt)	I_{SC} (ampere)	Z_S (ohm)	X_S (ohm)

BAB IV

REGULASI TEGANGAN DAN EFISIENSI GENERATOR SINKRON

A. Informasi

Pada unit ini anda akan mengembangkan pengetahuan tentang regulasi tegangan dan efisiensi generator sinkron. Pengetahuan anda tentang regulasi tegangan yang menyebabkan terjadinya perubahan tegangan terminal akan membantu anda untuk memahami bagaimana mengoperasikan dan keselamatan kerja yang diperlukan.

B. Tujuan

Setelah mempelajari unit ini, diharapkan anda mampu :

- Menjelaskan regulasi tegangan generator sinkron.
- Memahami regulasi tegangan generator sinkron.
- Memahami efisiensi generator sinkron.

C. Kemampuan awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus sudah memiliki pengetahuan tentang :

. Dasar kemagnitan

. Prinsip arus bolak-balik

. Pengukuran listrik

D. Persyaratan Lulus

Anda dinyatakan kompeten pada kegiatan belajar ini apabila anda telah menyelesaikan seluruh latihan dan tes akhir dengan benar .

E. Keselamatan kerja

- Hati-hati bila bekerja pada rangkaian listrik
- Periksa bahwa alat tester yang dipakai bekerja baik
- Saat melakukan sambungan pada rangkaian, pastikan bahwa rangkaian tidak bertegangan
- Periksa bahwa tegangan yang dipakai pada lilitan primer sudah sesuai dan benar.

Materi Pembelajaran.

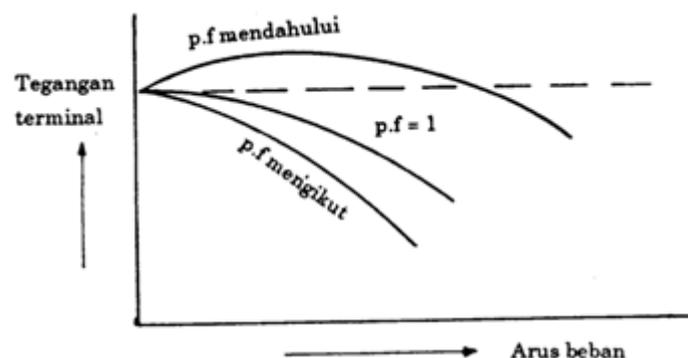
A. Regulasi Tegangan Generator Sinkron.

Perubahan beban pada generator sinkron akan menyebabkan perubahan tegangan pada terminalnya, besar perubahan tersebut tidak hanya tergantung dari perubahan beban tetapi tergantung juga pada faktor daya.

Hal tersebut menimbulkan adanya istilah regulasi tegangan yang diartikan sebagai kenaikan tegangan pada waktu beban penuh dilepas dimana eksitasi atau penguatan serta kecepatan tetap, dibagi dengan tegangan terminal, dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$\%Regulasi = \frac{E_0 - V}{V} x 100\%$$

Dimana :

1. E_0 – V bukan merupakan pengurangan vektor.
2. Untuk beban dengan faktor daya mendahului atau beban kapasitif, regulasi negatif karena tegangan terminal V ada kalanya lebih besar dari E_0.
3. Persamaan regulasi tegangan tersebut untuk generator sinkron yang mempunyai kapasitas kecil, akan tetapi untuk generator sinkron dengan kapasitas besar belum dibahas dalam modul ini.
4. Karakteristik generator sinkron yang berhubungan dengan regulasi tegangan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 3-1. Karakteristik tegangan terminal generator sinkron.

Contoh 1 :

Alternator 1 fasa, 4 kutub, 50 Hz, 50 kVA, 550 Volt mempunyai tahanan jangkar 0.48 ohm. Arus medan 8 ampere memberikan 160 ampere pada hubung singkat dan ggl 500 Volt pada keadaan beban nol. Carilah:

- Reaktansi dan impedansi sinkron.
- Persentase regulasi pada beban penuh bila:
  - ✓ factor daya 1 (satu)
  - ✓ factor daya 0.8 (tertinggal)

jawab

a. *Arus beban penuh dari mesin = (50 ´ 1000)/550 = 90.9 ampere* Impedansi sinkron Zs = 500/160 = 3.12 W.

b. Untuk factor daya 1 (satu)

V = 550 + j*0 = 550 V*

I = 90.9 ∟0° = 90.9A

Zs = 0.48 + j*3.08*

Ea = V + IZs

= 550 + j*0 + 90.9 (1 +* j*) (0.48 +* j*3.08)*

= 593.6 + j*270 = 640 Volt*

% regulasi **=** 100%

550

640 550 - ´ ***= 90/550 ´ 100% = 16.3%***

Untuk factor daya 0.8 (tertinggal)

Ea = 550 + *j*0 + 90.9 (0.8 – *j*0.6) (0.48 + *j*3.08)

□E□= 754 Volt

% regulasi = 100%

550

754 550 - ´

= 37 %

140

Contoh 2 :

Alternator 3 fasa, 600 kVA, 3300 V, mempunyai 25% reaktansi dan tahanan diabaikan. Faktor daya 0.8 tertinggal pada keadaan beban penuh. Bila pada saat

medan penguat ditambah, ggl naik 20% dari keadaan berbeban penuh, hitunglah arus dan factor daya yang baru. Alternator dihubungkan pada busbar (rel).

Pemecahan

Arus beban penuh = 87.5

3 3300

500 1000 ampere

Tegangan/fasa = 1905

3

3300 □□Volt

Reaktansi : 25% □□1905 = 87.5 Xs

Xs = 5.44 ohm

E = 1905 + 87.5 (0.8 + *j*0.6) *j*5.44

E = 1905 + *j*371 + 272.4

E = 2177.4 + *j*371 Volt

Pada saat penguat dinaikkan 20% maka:

E = 0.20 □□2190 = 2608 volt

Bagian daya aktif tidak berubah sehingga diperoleh:

2608 = besaran dari □1905 + 70 – *j*Ix) *j*5.44□

= □□□2 2 1905 □□5.44 □□370.8 *x I*

Ix = 134 ampere

B. Efisiensi Generator Sinkron.

Efisiensi atau daya guna atau rendemen dari generator sinkron dapat dihitung seperti pada generator arus searah yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Efisiensi = \frac{Daya\ output\ (P_O)}{Daya\ input\ (P_i)} x100\%$$

atau

$$Efisiensi = \frac{[Daya\ input\ (P_i) - Rugi\ Total]}{Daya\ Input\ (P_i)} x100\%$$

atau

$$Efisiensi = \left[1 - \frac{Rugi\ total}{Daya\ Input\ (P_i)}\right] x100\%$$

atau

$$Efisiensi = \left[1 - \frac{Rugi\ Total}{P_o + Rugi\ Total}\right] x100\%$$

atau

$$Efisiensi = \frac{Daya\ Output\ (P_o)}{P_o + Rugi\ Total} x100\%$$

Pada waktu generator sinkron berbeban, rugi-rugi yang terjadi terdiri dari :

1. Rugi-rugi rotasi yang terdiri dari :
   a. Rugi angin dan gesekan.
   b. Rugi gesekan sikat pada cicin seret.
   c. Rugi ventilasi pada waktu pendinginan mesin.
   d. Rugi histerisis dan arus pusar di stator.
2. Rugi-rugi listrik yang terdiri dari :
   a. Rugi pada kumparan medan.
   b. Rugi pada kumparan jangkar.
   c. Rugi pada kontak sikat.
3. Rugi eksitasi yang dipakai untuk penguatan.
4. Rugi beban sasar (*stray load loss*).

Tugas 2

Karakteristik Pembebanan Generator Tiga Fasa

Tujuan

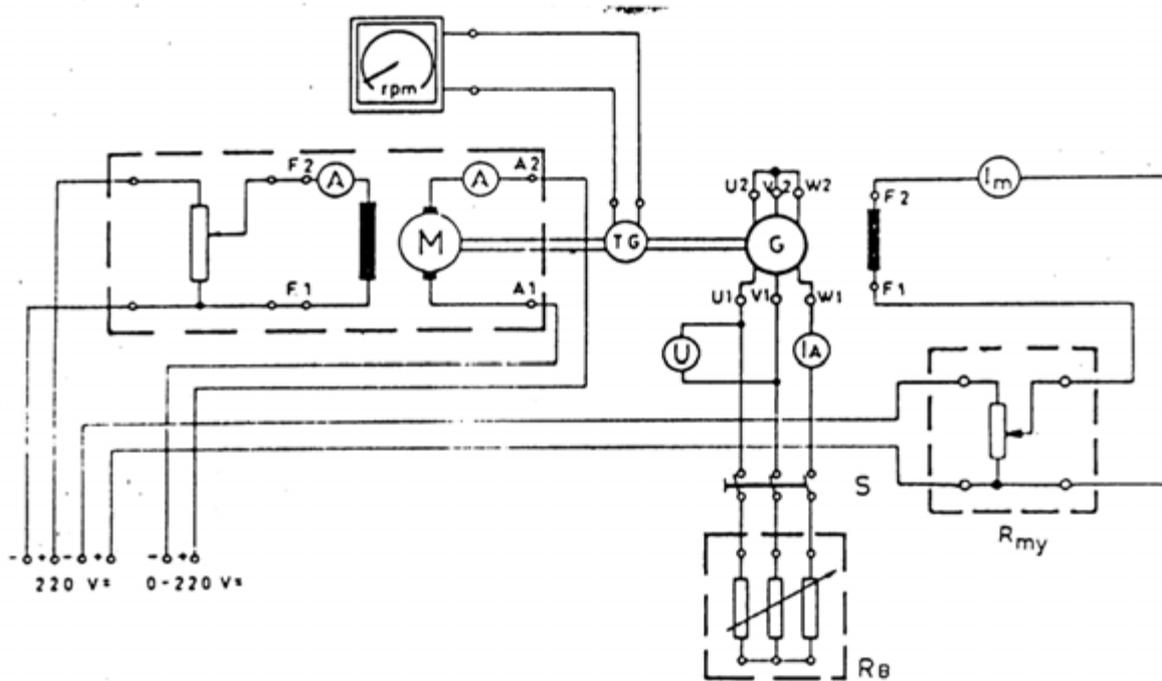
Setelah melaksanakan tugas praktek ini, diharapkan peserta mampu :

4. Mengoperasikan generator tiga fasa.
5. Menggambarkan karakteristik pembebanan generator tiga fasa.
6. Menghitung persentase regulasi tegangan untuk berbagai jenis.

Petunjuk

8. Pada saat merangkai semua peralatan harus dalam keadaan off.
9. Jangan menghubungkan rangkaian pada sumber tegangan tanpa persetujuan instruktur.
10. Periksalah semua peralatan sebelum digunakan, apakah bekerja dalam keadaan baik.
11. Selama percobaan berlangsung putaran harus konstan.
12. Dalam percobaan ini torsi meter berfungsi sebagai penggerak mula.
13. Hati-hatilah menggunakan peralatan, konsultasikan pada instruktur bila anda masih ragu menggunakannya.

Alat dan Bahan

9. Mesin sinkron tiga fasa.
10. Torsi meter unit.
11. Shunt reostat.
12. Voltmeter.
13. Amperemeter.
14. Cam Switch 3 pole.
15. Sumber Tegangan.
16. Beban Resistif.
17. Beban Induktor.
18. Beban Kapasitor.
19. Kabel Penghubung.

Gambar Rangkaian

Langkah Kerja

10. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
11. Rangkailah peralatan sesuai dengan gambar rangkaian.
12. Periksakan rangkaian anda pada instruktur. Setelah diperiksa dan disetujui instruktor operasikan torsi meter sebagai motor (penggerak mula) sampai pada putaran normal 1500 rpm. Atur arus eksitasi I_m = 1.2 A konstan.
13. Hubungkan saklar S dan untuk pembebanan yang pertama gunakan beban resistor.
14. Atur pembebanan dari minimum ke maksimum 3,5 A dengan tahapan 0,5 A. Tiap tahap percobaan catat hasil pengukuran pada tabel yang telah disediakan.
15. Atur kembali arus eksitasi ke posisi nol, putuskan saklar S dan ganti dengan beban induktor, selanjutnya lakukan percobaan seperti langkah 5 dan 6.
16. Lakukan kembali percobaan seperti langkah 5 dan 6 untuk pembebanan dengan beban kapasitor.
17. Setelah selesai melakukan percobaan, putuskan hubungan dari sumber tegangan. Rapihkan alat dan bahan serta kembalikan pada tempat semula.

Tabel Hasil Pengukuran

BAB V

KERJA PARALEL GENERATOR SINKRON

A. Informasi

Pada unit ini anda akan mengembangkan pengetahuan tentang kerja paralel generator sinkron. Pengetahuan anda tentang kerja paralel akan membantu anda untuk memahami bagaimana mengoperasikan dan keselamatan kerja yang diperlukan.

B. Tujuan

Setelah mempelajari unit ini, diharapkan anda mampu :

- Menjelaskan maksud dan tujuan kerja paralel generator sinkron.
- Memahami syarat-syarat kerja paralel generator sinkron.

C. Kemampuan awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus sudah memiliki pengetahuan tentang :

. Dasar kemagnitan
. Prinsip arus bolak-balik
. Pengukuran listrik

D. Persyaratan Lulus

Anda dinyatakan kompeten pada kegiatan belajar ini apabila anda telah menyelesaikan seluruh latihan dan tes akhir dengan benar .

E. Keselamatan kerja

- Hati-hati bila bekerja pada rangkaian listrik
- Periksa bahwa alat tester yang dipakai bekerja baik
- Saat melakukan sambungan pada rangkaian, pastikan bahwa rangkaian tidak bertegangan
- Periksa bahwa tegangan yang dipakai pada lilitan primer sudah sesuai dan benar.

Materi Pembelajaran.

A. Pendahuluan.

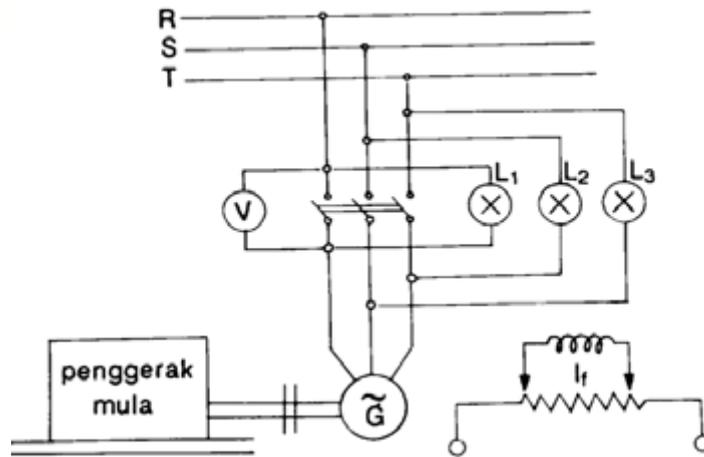
Maksud dan Tujuan kerja Paralel.

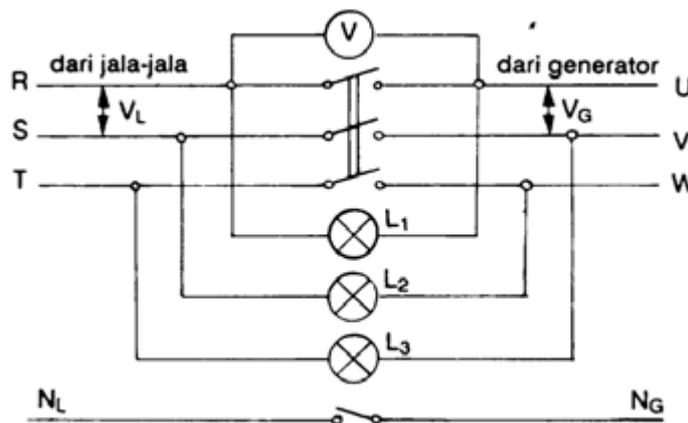
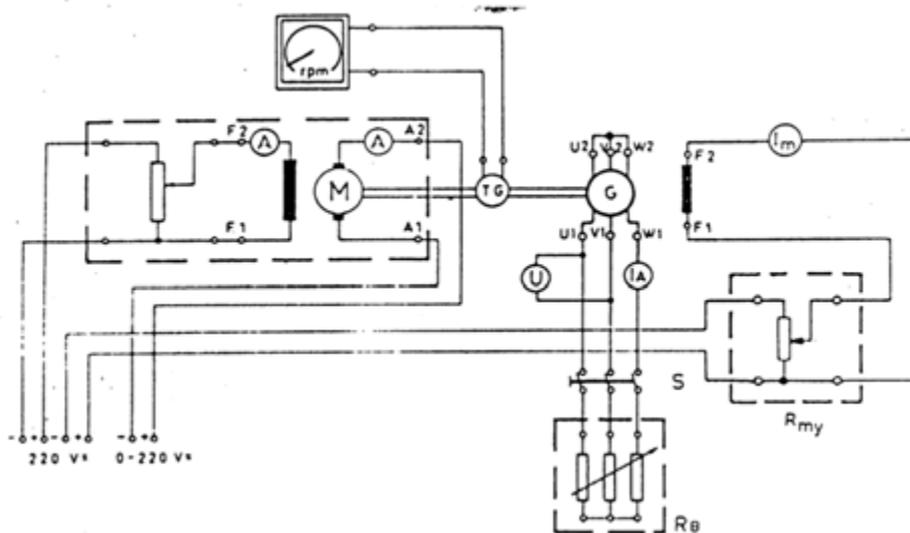
1. Memperbesar kapasitas daya yang dibangkitkan untuk melayani beban yang besar atau konsumen, karena perkembangan beban yang terus meningkat.
2. Menjaga kontinuitas pelayanan kepada konsumen apabila ada generator yang harus dihentikan untuk pemeliharaan dan perbaikan.

B. Persyaratan Kerja Paralel Generator.

1. Nilai sesaat Ggl kedua generator sinkron harus sama besarnya dan arah vektornya bertentangan atau searah. Sama halnya apabila satu generator sinkron diparalel dengan jala-jala (*grid connection*).
2. Frekuensi kedua generator atau generator dengan jala-jala harus sama.
3. Phasa kedua generator sinkron sama dan vektornya berlawanan atau bertentangan, demikian juga untuk generator sinkron yang diparalel dengan jala-jala.
4. Urutan phasa kedua generator sinkron atau antara generator sinkron dengan jala-jala harus sama.

Misalkan suatu generator G akan diparalel dengan jala-jala (*grid connection*). Pertama generator G diputar oleh pengerak mula mendekati putaran sinkron, lalu penguata I_f diatur sampai tegangan terminal generator sama dengan tegangan jala-jala.

Untuk mendekati frekuensi dan urutan fasa kedua tegangan generator dan jala-jala digunakan alat pendeteksi seperti yang diperlihatkan pada gambar 4-1, merupakan lampu sinkronoskop hubungan terang. Benar tidaknya hubungan paralel tersebut dapat dilihat dari lampu tersebut. Jika hubungan paralel itu benar atau urutan fasanya sama, maka lampu L_1, L_2 dan L_3 akan nyala padam, sehingga apabila ketiga lampu tidak berkedip berarti frekuensi tegangan generator dan jala-jala sudah sama.

Gambar 4-1.

Untuk mengetahui bahwa fasa kedua tegangan generator dan jala-jala sama, dapat dilihat dari lampu L_1, L_2 dan L_3 yang diperlihatkan pada gambar 4-2, L_1 akan padam dan L_2, L_3 menyala sama terang. Frekuensi tegangan generator diatur oleh penggerak mula sedangkan nilai tegangannya diatur oleh penguat medan. Jika rangkaian untuk kerja paralel tersebut salah atau urutan fasa tidak sama, lampu L_1, L_2 dan L_3 akan nyala-padam bergantian dengan frekuensi.

Gambar 4-2.

Gambar 4-3.

Dalam hal ini dua fasa yang berseberangan pada terminal generator harus kita tukar, untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 4-2 dan 4-3. R, S, dan T urutan fasa tegangan jala-jala sedangkan U, V dan W urutan fasa tegangan generator.

C. Pembagian Beban pada Generator Paralel.

Jumlah beban yang diterima oleh generator yang bekerja secara paralel tergantung pada pengaturan daya yang masuk pada mesin penggerak mula. Perubahan penguatan hanya akan merubah kVA yang keluar dan dapat mengubah faktor daya beban yang dibangkitkan dengan tidak mengubah kW mesin tersebut.

Pada gambar 4-4, arus I_1 dan I_2 masing-masing mempunyai faktor daya Cos Φ_1 dan Cos Φ_2 , arus total yang disuplai oleh beban merupakan perjumlahan vektor arus I_1 dan I_2 . Bila daya masuk untuk mesin penggerak mula generator ke 2 dinaikan, maka vektor gaya gerak magnet bergeser ke kanan seperti yang diperlihatkan pada gambar 4-4.

Gambar 4-4.

Kenaikan daya yang masuk pada mesin penggerak mula dapat menyebabkan pengambilan beban yang lebih besar pada faktor daya yang berbeda. Ada beberapa hal yang perlu diingat :

1. Beban yang diambil oleh masing-masing generator tergantung pada pengaturan kopel.
2. Penguatan hanya mengubah faktor daya.
3. Jika daya yang masuk ke mesin penggerak di jaga konstan tetapi penguatannya diubah, komponen kVA yang keluar dari generator tersebut dapat berubah sedangkan komponen kWnya tetap.

Evaluasi

1. Sebuah generator 1 fasa dengan tegangan nominal V = 1 p.u dan arus jangkar I_a = 1 p.u, arus jangkar tersebut diperoleh dari pengujian hubung singkat dengan mengalirkan arus penguatan I_f = 1 p.u dan tegangan beban nol sebesar 0,25 p.u, tahanan stator R_a = 0,04 p.u.

   Tentukan pengaturan tegangan pada faktor daya :

   a. Unity.
   b. 0,81 terdahulu.
   c. 0,71 tertinggal.
2. Sebuah generator 3 fasa 5000 kVA, 10 kV, 1500 rpm, 50 Hz. Generator bekerja secara paralel dengan mesin yang lain yang identik. Reaktansi sinkron X_s = 20 %

   Hitunglah daya sinkronisasi dan torsi sinkronisasi untuk pergeseran sudut mekanik $0{,}5^0$.
3. Dua buah generator dioperasikan paralel dan memberikan daya sebesar 1500 kW pada tegangan 11 kV serta faktor daya Cos Φ = 0,867 terbelakang. Masing-masing generator memberikan setengah daya totalnya. Reaktansi masing-masing 50 ohm per fasa dan tahanan efektifnya 4 ohm per fasa. Bila penguatan generator pertama disesuaikan agar arus yang mengalir pada jangkar 50 ampere terbelakang. Tentukan arus jangkar pada generator ke dua dan tegangan yang dibangkitkan generator pertama.

Tugas 3

Memparalel Generator Tiga Fasa

Tujuan

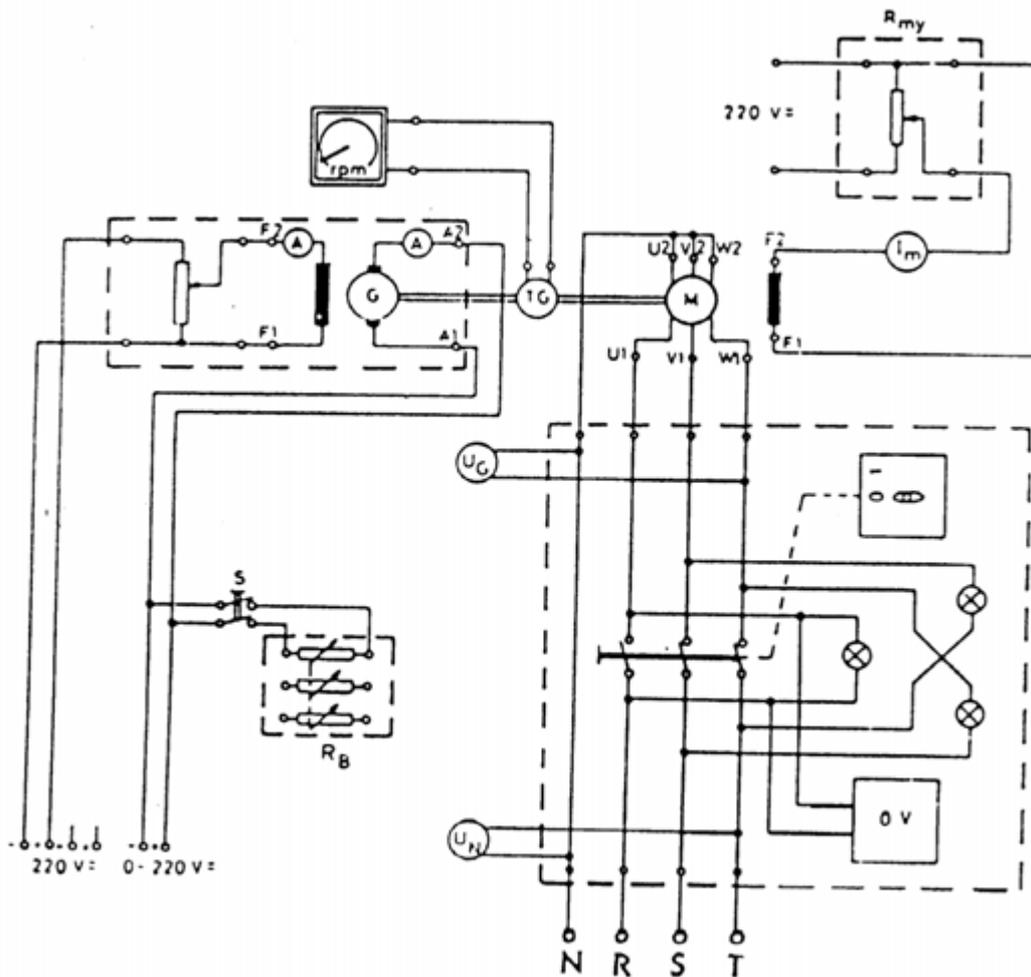
Setelah melaksanakan tugas praktek ini, diharapkan peserta mampu :

7. Memparalelkan generator tiga fasa.
8. Mendeteksi gangguan pada saat memparalel generator tiga fasa.

Petunjuk

14. Pada saat merangkai semua peralatan harus dalam keadaan off.
15. Jangan menghubungkan rangkaian pada sumber tegangan tanpa persetujuan instruktur.
16. Periksalah semua peralatan sebelum digunakan, apakah bekerja dalam keadaan baik.
17. Bila lampu sinkronisasi menyala/padam secara bersamaan berarti urutan fasa salah.
18. Hati-hatilah menggunakan peralatan, konsultasikan pada instruktur bila anda masih ragu menggunakannya.

Alat dan Bahan

20. Mesin sinkron tiga fasa.
21. Torsi meter unit.
22. Shunt reostat.
23. Voltmeter.
24. Amperemeter.
25. Cam Switch 3 pole.
26. Sumber Tegangan.
27. Syncronizing device
28. Kabel Penghubung.

Gambar Rangkaian

Langkah Kerja

18. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
19. Rangkailah peralatan sesuai dengan gambar rangkaian. Saklar sinkronisasi dalam posisi OFF.
20. Periksakan rangkaian anda pada instruktur bila telah diperiksa dan disetujui instruktur, operasikan torsi meter sebagai penggerak mula pada putaran 1500 rpm.
21. Atur shunt reostat sehingga I_m = 0,2 A dan atur kecepatan penggerak mula hingga frekuensi generator f_G = 50 Hz.
22. Hubungkan saklar power pack (3 x 220 V), amati apakah urutan fasa sudah sesuai, yang ditandai dengan lampu sinkronisasi menyala secara bergantian.
23. Bila urutan fasa salah, putuskan hubungan ke sumber tegangan power pack dan tukar polaritas fasanya pada power pack.

24. Bila urutan fasa telah sesuai, naikkan tegangan generator U_G sehingga sama dengan tegangan line U_L dan atur frekuensinya hingga frekuensi generator f_G sama dengan frekuensi line f_L, perhatikan arah cahaya putar dari lampu sinkronisasi.
25. Perhatikan pada saat sinkronisasi tercapai $U_L = U_G$ dan lampu L_1 dengan lampu L_2 menyala sama terang serta lampu L_3 padam dan Voltmeter V menunjukkan nol.
26. Setelah kondisi seperti langkah 8 terpenuhi, hubungkan saklar sinkronisasi dengan persetujuan instruktor.
27. Bila anda kurang puas dengan hasil yang diperoleh, silahkan ulangi kembali seperti langkah diatas.
28. Selesai melakukan percobaan, putuskan hubungan dari sumber tegangan. Rapihkan alat dan bahan serta kembalikan pada tempat semula.

BAB VI

ANALISA GANGGUAN KELISTRIKAN GENERATOR

A. Informasi

Pada unit ini anda akan mengembangkan pengetahuan tentang gangguaan kelistrikan generator sinkron. Pengetahuan anda tentang analisa gangguan kelistrikan generator akan membantu anda untuk memahami bagaimana mengoperasikan dan keselamatan kerja yang diperlukan.

B. Tujuan

Setelah mempelajari unit ini, diharapkan anda mampu :

- Menganalisa gangguan kelistrikan generator sinkron.
- Memperbaiki gangguan kelistrikan yang terjadi pada generator sinkron.
- Menganalisa gangguan Voltage.

C. Kemampuan awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus sudah memiliki pengetahuan tentang :

. Dasar kemagnitan
. Prinsip arus bolak-balik
. Pengukuran listrik

D. Persyaratan Lulus

Anda dinyatakan kompeten pada kegiatan belajar ini apabila anda telah menyelesaikan seluruh latihan dan tes akhir dengan benar .

E. Keselamatan kerja

- Hati-hati bila bekerja pada rangkaian listrik
- Periksa bahwa alat tester yang dipakai bekerja baik
- Saat melakukan sambungan pada rangkaian, pastikan bahwa rangkaian tidak bertegangan
- Periksa bahwa tegangan yang dipakai pada lilitan primer sudah sesuai dan benar.

Materi Pembelajaran

A. Pedahuluan.

Generator sebagai pembangkit energi listrik mempunyai peranan vital pada industri-industri. Dimana dewasa ini sistem kontrol dan proteksi generator selalu dikembangkan dan sekarang ini demikian canggih. Walaupun demikian gangguan kinerja generator kerap terjadi karena kelistrikan oleh beberapa hal, antara lain:

- Alat proteksi tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
- Sistem pemeliharaan generator tidak dijalankan konsekuen.
- Gangguan mekanik merambat kemasalah kelistrikan.
- Pengadaan awal generator tidak sesuai mutu yang terstandar.
- Pengoperasian generator tidak sesuai prosedur.

Demikian pentingnya fungsi generator dalam proses roda produksi di industri, dalam setiap terjadi gangguan padanya, harus dengan cepat dan tepat gangguan tersebut dianalisa sebagai bahan penanggulangan dan pemeliharaannya.
Berikut ini akan diuraikan bagaimana cara menganalisa gangguan terhadap generator.

A. Analisa gangguan Kelistrikan Stator

Pada stator generator seperti terlihat pada lampiran 1.1, dimana ditempatkan kumparan. Gangguan yang mungkin terjadi terhadap kumparan stator, antara lain:

➢ Tahanan isolasi kumparan menurun, dimana besar tahanan isolasi minimum 2 kΩ /V. Tahanan isolasi menurun disebabkan antara lain:

- Kumparan pernah mengalami kenaikan temperatur berlebih hingga menurunkan kualitas tahanan isolasinya.
- Kualitas isolasinya menurun karena faktor usia/waktu.

➢ Hubung singkat antara kumparan dengan bodi. Kemungkinan penyebabnya, antara lain :

- Isolasi kumparan terlepas dari kawatnya akibat temperatur kumparan melampaui nominalnya.
- Isolasi kumparan terluka akibat sentuhan mekanik.
- Kualitas kumparan menurun atau di bawah standar.

➢ Tahanan kawat kumparan antara fasa tidak sama, kemungkinan penyebabnya antara lain:

- Salah satu grup kumparan pernah mengalami panas berlebih sehingga struktur logamnya berubah, mengakibatkan tahanannya bertambah besar, tetapi tidak sampai merusak bahan isolasinya.
- Hubung singkat antara lilitan kumparan, sehingga jumlah li!itan aktif berkurang, akibatnya arus yang mengalir akan naik dari nominalnya.
- Kawat kumparan putus, umumnya terjadi karena menerima arus yang terlampau besar atau terjadi hubung singkat dalam kumparan itu sendiri.

Kumparan terbakar karena generator mengkonsumsi arus terlalu besar karena beban berlebih atau gangguan mekanik, dimana alat proteksi generator tidak berfungsi sempurna. Lampiran 1.2 memperlihatkan hubungan kumparan generator 6 kawat – 6 terminal (*6 wires – 6 term*)

Konstruksi kumparan stator generator hampir sama dengan kumparan stator motor induksi. Gangguan yang dialaminya hampir sama seperti pada kumparan stator motor induksi, adapun gangguan yang mungkin terjadi padanya adalah :

- Hubung singkat kumparan dengan bodi.

-]umlah kumparan aktif menurun karena ada hubung singkat antar lilit kumparan.

- Tahanan kumparan lebih besar dari nominalnya, hal ini akibat kumparan pernah mengalami panas berlebihan.

Selain kumparan, bagian kelistrikan stator lainnya adalah terminal yang berfungsi sebagai penghubung generator ke beban. Seperti terlihat pada lampiran 1.3. dimana ujung-ujung kumparan diikatkan pada terminal tersebut.

Gangguan yang mungkin terjadi Pada terminal generator adalah :

- Ikatan sambungan kabel pada terminal longgar dapat menyebabkan terjadinya percikan api akibat hubungan kontak yang tidak sempurna, yang mengakibatkan tegangan dan arus antar fasa tidak seimbang.
- Baut sambungan terminal hubung singkat dengan bodi.

- Kabel sambungan kumparan ke terminal putus atau hubung singkat dengan bodi

B. **Analisa Gangguan Kelistrikan Rotor**

Pada bahasan tentang kelistrikan rotor sesuai dengan jenis generatornya dibedakan atas rotor exciter field, rotor exciter armature dan perangkat exciter :

Rotor exciter field dan armature

Rotor exciter field seperti terlihat Pada lampiran 1.1 adalah bentuk rotor suatu generator yang konstruksinya paling sederhana, kokoh dan jarang sekali mengalami gangguan. Kumparan rotor exciter field dan armature terdiri gulungan kawat berisolasi dan ujungnya dihubungkan sedemikian rupa seperti yang diperlihatkan pada lampiran 1.1.
Gangguan yang dialami kumparan rotor exciter field armature adalah ikatan baut sambungan ujung-ujung kumparan longgar atau terlepas.
Efek dari gangguan ikatan sambungan kumparan yang longgar seperti pada tersebut akan berakibat gangguan terhadap tegangan yang dibangkitkan pada kumparan stator.

Dimana gangguan kumparan rotor exciter field akan mempengaruhi kerja generator, berupa:

- Tidak ada tegangan pada saat tanpa beban.
- Terjadi Oscilasi tegangan.
- Tegangan normal pada saat tanpa beban, terlalu rendah pada saat dibebani.
- Tegangan kollapse selama operasi normal.

Adapun gangguan kelistrikan yang mungkin dihadapi pada kumparan rotor exciter field dan armature adalah:

- Tahanan isolasi kumparan menurun, sehingga arus bocor kumparan bertambah besar.
- Hubung singkat kumparan.
-]umlah kumparan aktif menurun karena ada hubung singkat antar lilit kumparan.
- Tahanan kumparan lebih besar dari nominalnya, hal ini akibat kumparan pernah mengalami panas berlebih.
- Sambungan kumparan longgar atau terlepas
- Kabel sambungan kumparan dengan ratating dioda terlepas.

Rotating dioda

Sebagaimana diketahui pada rotor generatotr ditempatkan dioda yang berfungsi sebagai penyearah yang terdiri dari enam buah dioda. seperti terlihat pada lampiran 1.4. Dioda-dioda tersebut dipasang pada pelat tembaga dengan sistem baud untuk mendapatkan kontak dan pendinginan yang baik. Terdiri dari 3 dioda forward dan 3 dioda reverse. (Untuk spesifikasi dioda tergantung dari jenis generatornya).

Adapun gangguan kelistrikan yang mungkin dihadapi rotating dioda adalah :

- Terjadi kesalahan pada rotating dioda.
- Rotating dioda terbakar.
- Rotating dioda menjadi rangkaian terbuka (*open circuit*).

A. Analisa Gangguan Tegangan (Voltage Faults)

Tidak kalah pentingnya, generator tidak dapat beroperasi karena ada gangguan pada peralatan kelengkapannya sehingga tegangan yang dibangkitkan menjadi terganggu.

Dalam menganalisa gangguan peralatan suatu generator, sangat bergantung kepada sistem rangkaian kontrolnya, dimana digunakan generator tersebut.

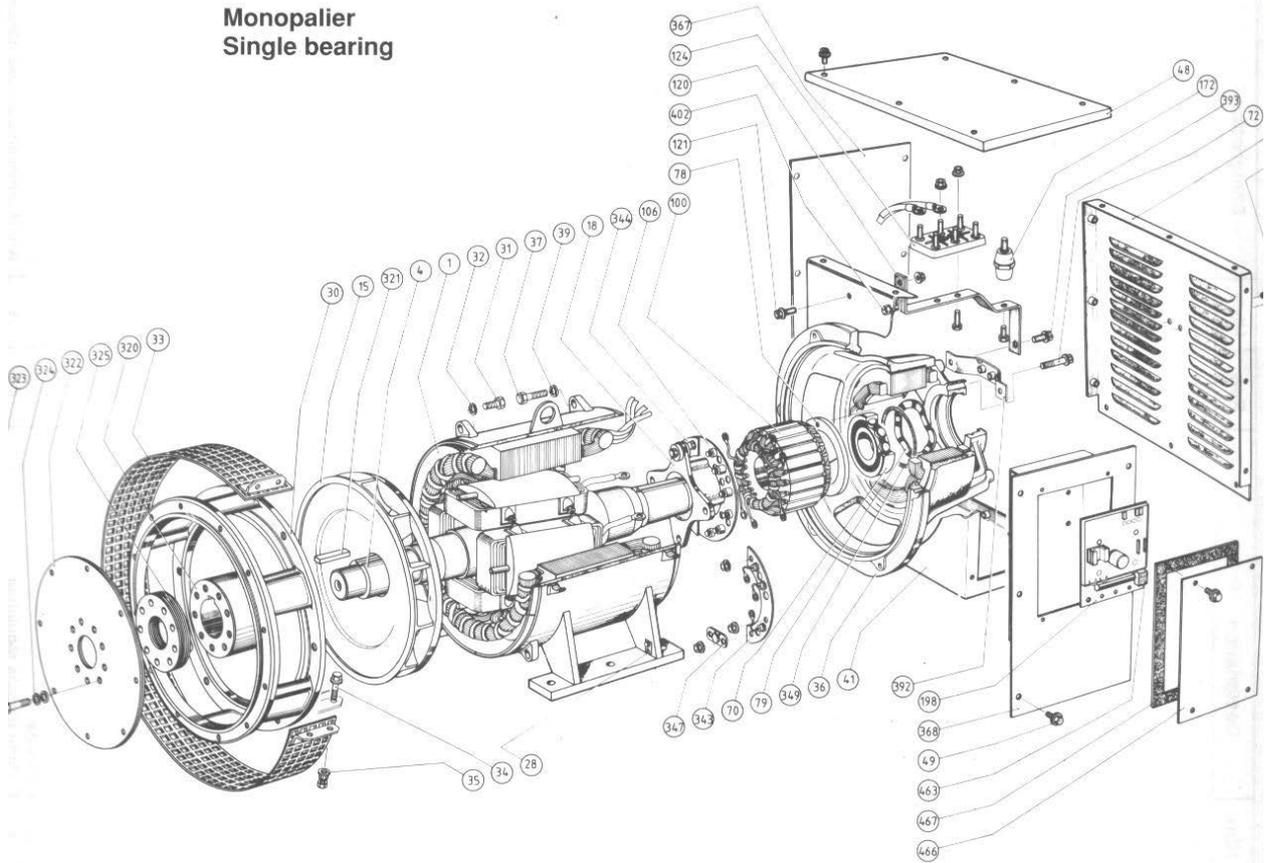
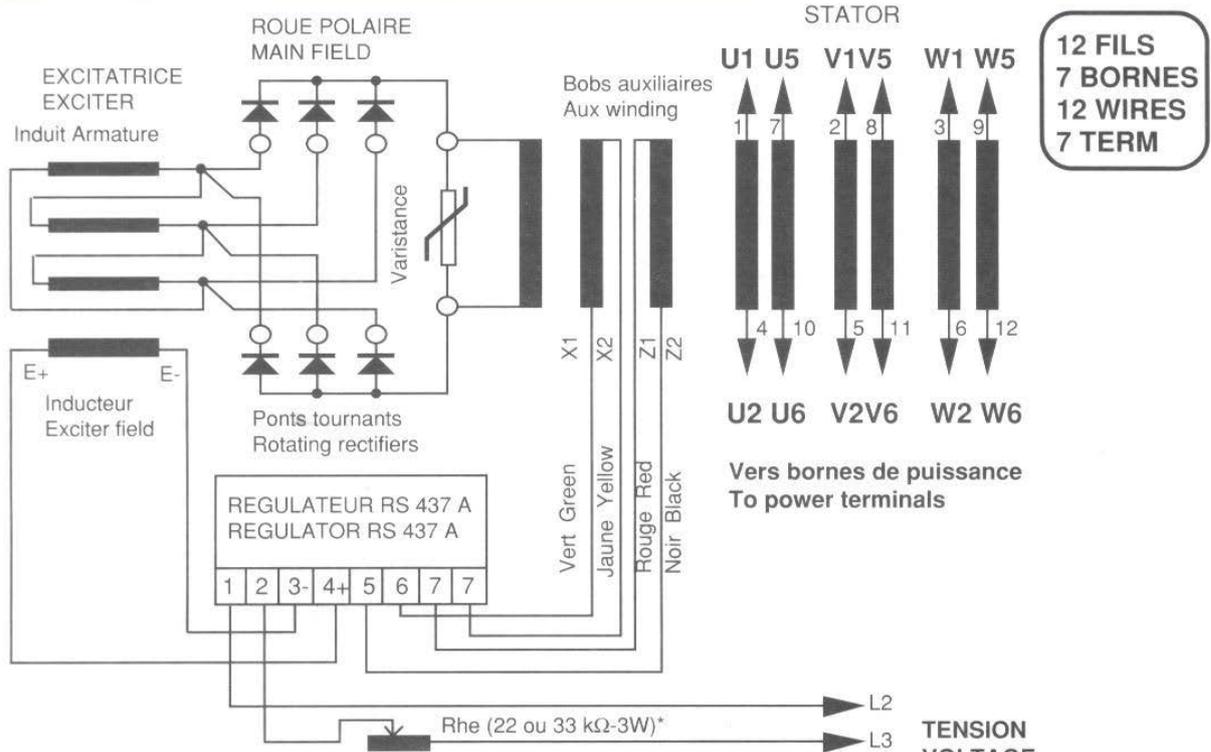
]adi untuk menganalisanya diperlukan gambar rangkaian kontrol dan manual book (buku petunjuk) generator.

Secara sederhana berikut ini akan dianalisa gangguan tegangan (*voltage faults*) pada generator sebagai berikut :

Indikasi Gangguan	Tindakan	Pengamatan	Penyebab Gangguan
Tidak ada tegangan pada saat tanpa beban atau mula jalan	Periksa sikring pada AVR yang menghubungkan batere 4 – 6 volt pada terminal 3 atau 4+ pada AVR	Alternator yang sudah terpasang dan tegangan diperbaiki setelah batere dipindahkan	▪ *Lac and residual megnetism* ▪ Tegangan antara 3- dan 4+ dari AVR (Nilai yang benar 10 – 15 Volt) ▪ Kesalahan pada exciter > 15 V.
		Alternator yang sudah terpasang tetapi tetapi tegangan tidak mencapai nilai nominal setelah batere dipindahkan	▪ Hubungan *sensing leads* pada AVR. ▪ Atur kembali potensiometer tegangan (P1)
		Alternator yang sudah terpasang tetapi tgangan *collapses* setelah batere dipindahkan	▪ Kesalahan pada AVR

		Tegangan output tidak keluar	▪ Hubungan *sensing leads* pada AVR. ▪ Kumparan exciter hubung-an singkat atau ter-buka (periksa kumparan). ▪ *Rotating Dioda* terbakar (periksa dioda). ▪ *Main field winding* hubung-an terbuka (periksa resistansi).
Tegangan terlalu tinggi	Atur potensio-meter tegangan (P1)	Tidak ada pengaturan tegangan, ukur tegangan antara 3- dan 4+ pada AVR	▪ Kesalahan AVR tegangan antara 3- dan 4+ > 20V
Oscilasi tegangan	Atur potensiometer *stability* (P2)	*Oscillation persists*	▪ Kecepatan untuk *eventual cyclic irregularity*. ▪ Hubungan output. ▪ Kesalahan AVR

		Periksa tegangan antara 3- dan 4+ adalah 10 – 15 Volt d.c	▪ Kecepatan di-bawah nominal pada saat ber-beban. ▪ Tegangan A.C antara teminal AVR : 6 dan 7 : 30-50 Volt 5 dan 7 : 10-20 Volt ▪ *Rotating dioda* hubungan ter-buka. ▪ Kumparan *auxillary* hubungann ter-buka (periksa nilai resistansi). ▪ *Main Field* hubung singkat (perikasa resistansi). ▪ Kesalahan kumparan *exciter armature* (periksa resistansi).
Tegangan normal pada saat tanpa beban dan terlalu rendah pada saat ber-beban ***	Periksa sikring AVR pada saat tanpa beban dan periksa tegangan anatara 3- dan 4+	Tegangan antara 3- dan 4+ adalah > 20 Volt	▪ Periksa kecepatan ▪ Kesalahan pada rotating dioda ▪ Hubung singkat pada main field, periksa resistansi ▪ Kesalahan exciter armature field
Tegangan collepses selama	Periksa sikring dan regulator, surge	Tegangan out-put tidak bisa mencapai nilai	▪ Kesalahan exciter winding ▪ Kesalahan main

Lampiran 1.2

ROUE POLAIRE
MAIN FIELD
STATOR
EXCITATRICE
EXCITER
Induit Armature
Bobs auxiliaires
Aux winding
U1 U5 V1V5 W1 W5
12 FILS
7 BORNES
12 WIRES
7 TERM
Varistance
X1 X2 Z1 Z2
U2 U6 V2V6 W2 W6
E+ E-
Inducteur
Exciter field
Ponts tournants
Rotating rectifiers
Vert Green
Jaune Yellow
Rouge Red
Noir Black
Vers bornes de puissance
To power terminals
REGULATEUR RS 437 A
REGULATOR RS 437 A
1 2 3- 4+ 5 6 7 7
L2
Rhe (22 ou 33 kΩ-3W)*
L3
TENSION
VOLTAGE
* OPTION : Ajustage de tension extérieur - * OPTIONAL : Remote voltage trimmer
22 kΩ - 3 W : Ajustage de tension ± 5% de la tension nominale - Voltage adjustment ± 5% of rated voltage
33 kΩ - 3 w : Ajustage de tension ± 10% de la tension nominale - Voltage adjustment ± 10% of rated voltage

Lampiran 1.3

6 FILS - 6 BORNES / 6 WIRES -6 TERM

Code connexions / Connection code	Tensions / Voltage L-L	Couplage usine / Factory connection

TRIPHASE – THREE PHASE – D – Etoile / Star

Bobinage / Winding		50 Hz	60Hz
1	1S	380-415	416-480
	1P	190-208	208-240
2	2S	440-460	-
	2P	220-230	-
3	3S	347	380-416
	3P	-	208

Tension L/N = V3 Tension LL
Voltage L/N = V3 Voltage LL

TRIPHASE* – THREE PHASE* – C – Triangle / Delta

Bobinage / Winding		50 Hz	60Hz
1	1S	220-240	240
	1P	110-120	120
2	2S	240-260	
	2P	120-130	
3	3S	200	220-240
	3P	-	110-120

MONOPHASE* – SINGLE PHASE* – C – Triangle / Delta

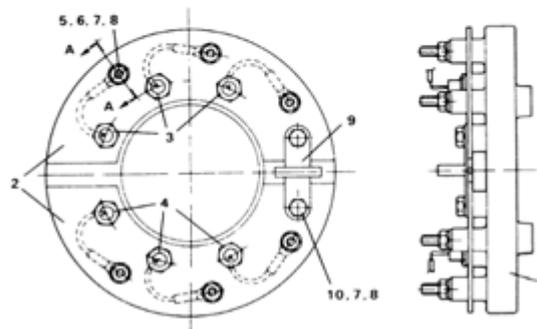
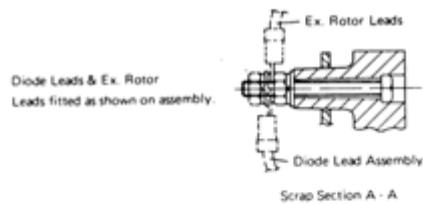
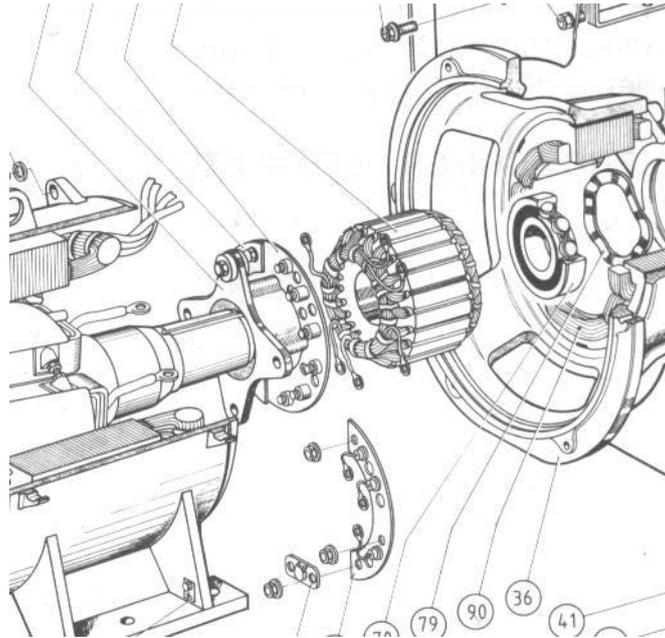
Bobinage / Winding		50 Hz	60Hz
1	1S	220-240	240
	1P	110-120	120
2	2S	240-260	
	2P	120-130	
3	3S	200	220-240
	3P	-	110-120

MONOPHASE* – SINGLE PHASE* – G – Zig Zag / Dog Leg

Bobinage / Winding		50 Hz	60Hz
1	1S	-	-
	1P	220-240	240
2	2S	-	-
	2P	240-260	-
3	3S	-	-
	3P	200	220-240

Tension LM = 1/2 Tension LL
Voltage LM = 1/2 Voltage LL

* NOTA: Pour chaque connexion choisie, consulter la table de puissance correspondante
For each connection selected please check the rating on corresponding table

Lampiran 1.4

B. Evaluasi

1. Apa sajakah penyebab gangguan yang terjadi pada kumparan stator generator

- -
- -

2. Sebutkan gangguan yang mungkin terjadi pada terminal generator

- -

3. Jelaskan penyebab gangguan terhadap kumparan rotor exciter

- -

4.]elaskan penyebab gangguan kelistrikan terhadap kumparan rotor exciter field dan armature

- -

5. Jelaskan penyebab gangguan terhadap sikat rotating

- -

6. Tindakan apa yang harus dilakukan jika terjadi ganguan dengan indikasi tidak ada tegangan pada saat tanpa beban atau mula jalan

- -

7. Hal-hal apa yang menyebabkan tidak ada tegangan pada saat tanpa beban atau mula jalan

- -

8. Jelaskan penyebab terjadi tegangan output terlalu tinggi

- -

9. Jelaskan penyebab gangguan dengan indikasi oscilasi tegangan

- -

10. Apa yang mungkin terjadi apa bila terjadi gangguan pada kecepata, ratating dioda, main field dan exiter armature field hubung singkat.

- -